

Japanese Patent Application Preliminary Publication No. 2000-180787

Laid open on: June 30, 2000  
Title of Invention: Image Display Device Using Reflecting-type  
Image Display Element  
Patent Application No.: Hei 10-360881  
Filed on: December 18, 1998  
Inventor: Yasushi KOBAYASHI  
Inventor: Satoshi OSAWA  
Inventor: Ichiro KASAI  
Applicant: Minolta Co., Ltd.

--- translation of the portion marked A on pages 3-8 (paragraphs  
[0014]-[0053]) ---

[Modes for Carrying out Invention] In reference to the drawings, descriptions will be made of the modes for carrying out the present invention. Fig. 1 through Fig. 7 schematically show the configuration of optical systems of the first through seventh modes.

[0015] In Fig. 1, the reference numeral 1 represents an illumination light source. The reference numeral 2 represents a reflector which surrounds the light source and forms an aperture directed upward. The reference numeral 3 represents a polarizing plate disposed on the top of the reflector. The reference numeral 4 represents a stop disposed on the upper surface of the polarizing plate. The stop 4 is disposed on the lower surface of a prism block 5 disposed on the upper side of the stop. The prism block 5 is bonded to a prism block 6 disposed on the upper side thereof, where the bonded section is tilted from the upper-left side to the lower-right side and forms a half-transmitting surface 7. On the upper side of the prism block 6, a reflecting-type liquid crystal display panel 8 is disposed. Also, a polarizing plate

9 is disposed on the left side of the prism block 5. A pupil 10 is disposed on the left side of the polarizing plate 9.

[0016] Bundles of rays emanating from the illumination light source 1 and bundles of rays reflected from the reflector 2 shown in the drawing are transmitted through the half-transmitting surface 7 via the polarizing plate 3, the stop 4 and the prism block 5, which are arranged on the upper side, and are incident on the reflecting-type liquid crystal display panel 8. The bundles of rays modulated there as an image are reflected back downward to the side of the illumination light source 1 and are incident on the half-transmitting surface 7 to be reflected rightward. The reflected bundles of rays then are incident on a surface *b*, which is a concave reflecting surface constituting the observation optical system, and are re-transmitted through the half-transmitting surface 7, to be introduced to the pupil 10 via the polarizing plate 9.

[0017] According to this mode, the observation optical system and the illumination optical system are constituted with two prism blocks 5, 6 with the half-transmitting surface 7 between. To be specific, the observation optical system is constituted with a surface *a*, a surface *b*, and a surface *c* shown in the drawing, while the illumination optical system is constituted with the surface *c*. The bundles of rays illuminating the reflecting-type liquid crystal display panel 8 and the bundles of rays reflected by the reflecting-type liquid crystal display panel 8 are separated from each other by the half-transmitting surface 7. According to this mode, the pupil 10 and the illumination light source 1 are made substantially conjugate by the illumination optical system (surface *c*). Whereby, size of the illumination light source 1 is allowed

to be small. It is noted that the surface reference symbols *a*, *b*, *c* are assigned separate from the surface numbers in the construction data shown below. This rule of surface labeling is applied to the remaining modes also.

[0018] Also, where the stop 4 is arranged at the position substantially conjugate with the pupil 10 for cutting unnecessary bundles of rays as in this mode, the size of the pupil 10 is regulated and thus only the bundles of rays that are designed to assure good observation condition are introduced to the pupil 10. Also, according to this mode, the polarizing plate 3 is disposed between the illumination light source 1 and the half-transmitting surface 3, and the polarizing plate 9 is disposed between the half-transmitting surface 7 and the pupil 10. These are designed to cut ghost which would be generated where bundles of rays emergent from the illumination light source 1 are reflected toward the side of the pupil 10 without being transmitted there.

[0019] For example, if the polarizing plate 3 is arranged to transmit light polarized in a certain direction and the polarizing plate 9 is arranged to transmit light that is polarized in a direction rotated by  $90^\circ$  of the polarization direction of the light transmitted through the polarizing plate 3, the ghost is cut by the polarizing plate 9, to fail to enter the pupil 10. Since the bundles of rays modulated by the reflecting-type liquid crystal display 8 should have had its direction of polarization rotated by  $90^\circ$ , they are transmitted through the polarizing plate 9 after being transmitted through the observation optical system, to reach the pupil 10.

[0020] Fig. 2 shows, as the second mode, an application example of the

present invention where the observation optical system is configured as a non-coaxial optical system. In the drawing, the reference numeral 1 represents an illumination light source. The reference numeral 2 represents a reflector which surrounds the light source and forms an aperture directed lower-rightward. The reference numeral 11 represents a prism block which is disposed on the lower-right side of the reflector and which constitutes an observation optical system. The top surface of the prism block 11 is a surface *c* configured as a transmitting surface. A condenser lens 12 and a reflecting-type liquid crystal display panel 8 are disposed on the upper-right side of the surface *c*. Also, a pupil 10 is disposed on the left side of the lower portion of the prism block 11.

[0021] Bundles of rays emanating from the illumination light source 1 and bundles of rays reflected from the reflector 2 shown in the drawing are reflected by the surface *c* of the prism block 11, and are incident on the reflecting-type liquid crystal display 8 via the condenser lens 12. The bundles of rays modulated there as an image are reflected back lower-leftward to the side of the prism block 11 and, via the condenser lens 12, enter the prism block 11 through the surface *c*. The bundles of rays entering inside the prism block 11 are totally reflected at a surface *a* on the left side, to reach a surface *b* on the right side. The bundles of rays reaching the surface *b*, which is a concave reflecting surface, are reflected there at angles different from the angles as they are incident thereon, to be introduced to the pupil 10 via the surface *a* again. The relative arrangement of the surface *a* and the surface *b* is made so that the surface *a* acts as a selective reflecting surface for

causing reflection of light utilizing the total reflection phenomenon and for causing transmission of light.

[0022] According to this mode, an illumination optical system is constituted with the surface *c*, which is a half-transmitting surface formed on the prism block 11 as an observation optical system, and the condenser lens 12, where the surface *c* is used as a reflecting surface, to make the pupil 10 and the illumination light source substantially conjugate. Whereby, size of the illumination light source 1 is allowed to be small. The surface *c*, as it acts as a transmitting surface, contributes to compensation of aberrations in the observation optical system, and, as it acts as a reflecting surface, contributes to size reduction of the illumination light source, as a part of the illumination optical system. In this way, since an optical element is commonly used as a part of the observation optical system and as a part of the illumination optical system, it is possible to achieve compact-sizing of the device efficiently.

[0023] Fig. 3 shows, as the third mode, an example in which the selective reflecting surface (surface *a*) of the second mode is separately provided as a TIR surface and the surface *a* is provided particularly as an emergent surface of the observation optical system. In the drawing, the reference numeral 1 represents an illumination light source. The reference numeral 2 represents a reflector which surrounds the light source and forms an aperture directed leftward. The reference numeral 4 represents a stop disposed on the left side of the reflector. The stop 4 is disposed on the right surface of a prism block 5, which is disposed on the left side of the stop. The prism block 5 is bonded to a prism block 6 disposed

on the lower side thereof, where the bonded section is tilted from the upper-left side to the lower-right side and forms a half-transmitting surface 7.

[0024] On the upper side of the prism block 5, a condenser lens 12 and a reflecting-type liquid crystal display panel 8 are disposed. Also, the prism block 6 is bonded to a prism block 13 disposed on the left side thereof, where the bonded section is tilted from the upper-left side to the lower-right side and forms a TIR surface. A pupil 10 is disposed on the left side of the prism block 13.

[0025] Bundles of rays emanating from the illumination light source 1 and bundles of rays reflected from the reflector 2 shown in the drawing are reflected upward by the half-transmitting surface 7 via the stop 4 and the prism block 5, which are arranged on the left side, and are incident on the reflecting-type liquid crystal display panel 8 via the condenser lens 12. The bundles of rays modulated there as an image are reflected back downward to the side of the prism block 5, and are transmitted through the half-transmitting surface 7 via the condenser lens 12 and the prism block 5. The transmitted bundles of rays then are totally reflected at the TIR surface formed on the lower-left portion of the prism block 6, to reach the surface *b* on the right side. The bundles of rays reaching the surface *b*, which is a concave reflecting surface, are reflected there at angles different from the angles as they are incident thereon, enter the prism block 13 via the TIR surface again and transmitted therethrough, to be introduced to the pupil 10 via the surface *a* on the left side.

[0026] According to this mode, an illumination optical system is constituted with the condenser lens 12 and the half-transmitting surface

7. Whereby, the illumination light source 1 and the pupil 10 are made substantially conjugate, to achieve compact-sizing of the illumination light source 1. Also, the stop is arranged on the substantially conjugate surface for regulating the pupil to have a diameter as designed, as in the first or second mode.

[0027] Another configuration example of the present invention is shown in Fig. 4 as the fourth mode. According to this mode, the present invention is applied to a so-called "pancake-type" observation optical system. In the drawing, bundles of rays emergent upward from an illumination light source 1 are reflected leftward by a half-transmitting surface 7 which is constructed of a half mirror or a PBS, and are incident on a reflecting-type liquid crystal display panel 8 via a condenser lens 12. The bundles of rays modulated there as an image are reflected back rightward to the side of the half-transmitting surface 7 and are transmitted through the half-transmitting surface 7 via the condenser lens 12.

[0028] The transmitted bundles of rays then are reflected back leftward at a surface *a*, which is the pupil (the later-mentioned pupil 10)-side selective reflecting surface of a prism block 14 constituting an observation optical system, to the liquid crystal (the reflecting-type liquid crystal display panel 8)-side, then are reflected back rightward at a surface *b*, which is the liquid crystal-side surface of the prism block 14, to the pupil-side, and are introduced to the pupil 10. As the material of these selective reflecting surfaces, cholesteric liquid crystal layer or the like is employed. The illumination optical system is constituted with the condenser lens 12 and the half-transmitting

surface 7. Whereby, the illumination light source 1 and the pupil 10 are made substantially conjugate, to achieve compact-sizing of the illumination light source 1.

[0029] The below-described modes employ so-called Köhler illumination. In other optical apparatuses such as an optical microscope, the Köhler illumination is widely employed. This illumination mode is such that an image of the light source is formed not on an object to be observed but on the entrance pupil of the objective lens, and is effective as a method of illuminating the object uniformly and efficiently.

[0030] The below-described modes are directed to application of the Köhler illumination to an image display apparatus with a reflecting-type display element. According to these modes, a light source is disposed at a position to form substantial symmetry with a pupil position of the observer with respect to a combiner disposed between an observation optical system and the pupil so that the observation optical system for the displayed image is used as an illumination optical system also. whereby, the image of the light source is formed on the pupil of the observer. In this condition, the observation optical system substantially forms a telecentric optical system with respect to the reflecting-type display element.

[0031] Fig. 5 is directed to a configuration example, as the fifth mode, of an optical system in which the above-mentioned Köhler illumination is employed. In the drawing, an illumination light source 1 constructed of a light-emitting diode is disposed at a position to form symmetry with a pupil 10 position of the observer with respect to a half mirror 15. This position is in the vicinity of the rear focal position of an eyepiece



16. As indicated by the arrows, bundles of rays emitted from the illumination light source 1 are reflected by the half mirror 15, and irradiate a reflecting-type liquid crystal display panel 8 uniformly via the eyepiece 16. Bundles of rays reflected by the reflecting-type display panel 8 are guided by the eyepiece 16 again, and are transmitted through the half mirror 15, to reach the pupil 10. In this condition, the image of the illumination light surface 1 is formed in the vicinity of the pupil 10, or Köhler illumination is realized.

[0032] According to this mode, if ferroelectric reflecting-type liquid crystal, which can be easily driven by high frequency, is used for the reflecting-type liquid crystal display panel 8 and at least three light-emitting diodes corresponding to the primaries are used for the illumination light source 1, it is possible to provide the observer with a color image by making the light-emitting diodes to sequentially emit light in time-division mode as synchronized with the reflecting-type liquid crystal display 8. For obtaining a color image, if a reflecting-type color liquid crystal display panel provided with color filters is used, a white light-emitting diode, a white fluorescent lamp or the like may be used as the illumination light source, as a matter of course.

[0033] According to this mode, the half mirror 15 is used as the combiner. However, other type combiner such as a PBS (polarization beam splitter) may be utilized. Also, it is obviously in the scope of application of the invention's principle to dispose, between the illumination light source and the combiner, a diffusing plate that slightly diffuses the illumination light, in such a case where the directivity of the light emergent from the illumination light source 1 is too high for the field

angle or the size of the illumination light source 1 is not sufficiently large for the pupil 10.

[0034] Fig. 6 is directed to another configuration example, as the sixth mode, of an optical system in which the above-mentioned Köhler illumination is employed. According to this mode, a concave surface mirror is used as an observation optical system. In the drawing, an illumination light source 1 constructed of a light-emitting diode is disposed at a position to form symmetry with a pupil 10 position of the observer with respect to a half mirror 15. This position is in the vicinity of the focal position of a concave surface mirror 18.

[0035] As shown by the arrows, bundles of rays emitted from the illumination light source 1 are reflected by the half mirror 15 and further by a half mirror 17, and are transmitted through the half mirror 17 via the concave surface mirror 18, to irradiate a reflecting-type liquid crystal display panel 8 uniformly. Bundles of rays reflected by the reflecting-type display panel 8 are guided by the concave surface mirror 18 through the half mirror 17 again, to reach the pupil 10 via reflection at the half mirror 17 and subsequent transmission through the half mirror 15. In this condition, the image of the illumination light surface 1 is formed in the vicinity of the pupil 10, or Köhler illumination is realized.

[0036] Fig. 7 is directed to still another configuration example, as the seventh mode, of an optical system in which the above-mentioned Köhler illumination is employed. According to this mode, a prism with free curved surfaces is used as an observation optical system. In the drawing, an illumination light source 1 constructed of a light-emitting diode is

disposed at a position to form symmetry with a pupil 10 position of the observer with respect to a half mirror 15. This position is in the vicinity of the focal position of a prism 19 with free curved surfaces. [0037] As shown by the arrows, bundles of rays emitted from the illumination light source 1 are reflected by the half mirror 15, and irradiate a reflecting-type liquid crystal display panel 8 uniformly via the prism 19 with free curved surfaces. Bundles of rays reflected by the reflecting-type display panel 8 are guided by the prism 19 with free curved surfaces again, and are transmitted through the half mirror 15, to reach the pupil 10. In this condition, the image of the illumination light surface 1 is formed in the vicinity of the pupil 10, or Köhler illumination is realized.

[0038] The configuration of the image display device according to the present invention will be shown below more specifically in terms of the construction data lists. The first to third embodiments shown below correspond to the first to third modes described above, respectively. In each embodiment,  $r_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ) represents the radius of curvature of the  $i$ th surface in order from the pupil side. It is noted that, in each embodiment, an asterisk suffixed to a symbol representing the radius of curvature of a surface means that this surface is configured as a rotational symmetric aspherical surface or an anamorphic aspherical surface, where the expression expressing the surface shape of each aspherical surface is defined as follows.

[0039] <Expression for a rotationally symmetric aspherical surface>

$$Z = ch^2 / \left\{ 1 + \sqrt{1 - (1 + K)c^2 h^2} \right\} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12} + Fh^{14} + Gh^{16} + Hh^{18} + Jh^{20}$$

where

$Z$  : sag of a surface parallel to  $Z$  axis

$c$  : curvature ( $CUY$ ) at the vertex of the surface

$K$  : conical coefficient

$A, B, C, D, E, F, G, H, J$  : 4<sup>th</sup>-, 6<sup>th</sup>-, 8<sup>th</sup>-, 10<sup>th</sup>-, 12<sup>th</sup>-, 14<sup>th</sup>-, 16<sup>th</sup>-, 18<sup>th</sup>-, 20<sup>th</sup>- degree coefficients of strain, respectively

$$h^2 = X^2 + Y^2$$

[0040] <Expression for an anamorphic aspherical surface>

$$Z = (CUX \cdot X^2 + CUY \cdot Y^2) / \left\{ 1 + \sqrt{1 - (1 + KX)CUX^2 \cdot X^2 - (1 + KY)CUY^2 \cdot Y^2} \right\} \\ + AR \left\{ (1 - AP)X^2 + (1 + AP)Y^2 \right\}^2 + BR \left\{ (1 - BP)X^2 + (1 + BP)Y^2 \right\}^3 \\ + CR \left\{ (1 - CP)X^2 + (1 + CP)Y^2 \right\}^4 + DR \left\{ (1 - DP)X^2 + (1 + DP)Y^2 \right\}^5$$

[0041] where

$Z$  : sag of a surface parallel to  $Z$  axis

$CUX, CUY$  : curvatures for  $X$  and  $Y$ , respectively

$KX, KY$  : conical coefficients for  $X$  and  $Y$ , respectively

$AR, BR, CR, DR$  : rotationally symmetric components of 4<sup>th</sup>-, 6<sup>th</sup>-, 8<sup>th</sup>-, 10<sup>th</sup>- degree coefficients of strain in reference to a cone

$AP, BP, CP, DP$  : rotationally asymmetric components of 4<sup>th</sup>-, 6<sup>th</sup>-, 8<sup>th</sup>-, 10<sup>th</sup>- degree coefficients of strain in reference to a cone.

Here, the reciprocals of  $CUX, CUY$  are the radii of curvature for  $X$  and  $Y$ , respectively and are represented by  $RDX, RDY$  to be shown as data in the embodiments.

[0042]

«First embodiment»

[Rad. of Curvature] RDY	[Medium]	[Note]
r1 = $\infty$	AIR	pupil 10
r2* = 80.87347	Refract.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	prism's exit surface (surface a)
r3* = -41.75305	Refract.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	concave reflecting surface (surface b)
r4 = $\infty$	Refract.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	half-transmitting surface 7
r5 = -35.00000	AIR	prism's entrance surface (surface c)
r6 = $\infty$	AIR	liquid crystal display surface
r7 = -35.00000	Refract.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	condenser surface (surface c, coinciding with 5 <sup>th</sup> surface)
r8 = $\infty$		illuminated surface

[0043]

(Rotationally symmetric aspherical coefficients of 2<sup>nd</sup> surface (r2))

K: 0.000000

A:  $0.388162 \times 10^{-5}$  B:  $0.152030 \times 10^{-6}$  C:  $-0.252251 \times 10^{-8}$  D: 0.000000

(Rotationally symmetric aspherical coefficients of 3<sup>rd</sup> surface (r3))

K: 0.000000

A :  $0.435175 \times 10^{-6}$  B:  $0.112877 \times 10^{-7}$  C:  $-0.402269 \times 10^{-10}$  D: 0.000000

[0044]

(Arrangement data of surfaces (reference: 1<sup>st</sup> surface))

[Surface No.]	[XSC]	[YSC]	[ZSC]	[ASC]	[BSC]	[CSC]
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.00000	0.00000	12.00000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.00000	0.00000	28.00000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.00000	0.00000	19.00000	45.0000	0.0000	0.0000
5	0.00000	9.50000	19.00000	90.0000	0.0000	0.0000

6	0.00000	9.92814	19.00000	90.0000	0.0000	0.0000
7	0.00000	9.50000	19.00000	90.0000	0.0000	0.0000
8	0.00000	-8.50000	19.00000	90.0000	0.0000	0.0000

[0045] In the arrangement data of the surfaces, where the space is viewed from the object side to the image side (the positive direction along Z axis), the positive direction along Y axis is taken upward and the positive direction of X axis is taken leftward. For each surface, X, Y, Z determine its position and A, B, C determine its tilt, in reference to the 1<sup>st</sup> surface. These definitions are similarly applied to the following embodiments also. Also, according to this embodiment, the 1<sup>st</sup>-5<sup>th</sup> surfaces constitute the observation optical system, and the 7<sup>th</sup>-8<sup>th</sup> surfaces constitute the illumination optical system.

[0046]

《Second embodiment》

[Rad. of Curvature] RDY	[Medium]	[Note]
r1 = $\infty$	AIR	pupil 10
r2*= 11056.40405	Refract.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	prism's exit surface (surface a)
r3*= -66.18426	Refract.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	concave reflecting surface (surface b)
r4*= 11056.40405	Refract.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	total reflecting surface (surface a, coinciding with 2 <sup>nd</sup> surface)
r5*= 99.98674	AIR	prism's entrance surface (surface c)
r6 = 40.00000	Refract.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	condenser lens 12
r7 = -40.00000	AIR	
r8 = $\infty$	AIR	liquid crystal display surface
r9 = -40.00000	reflect.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	condenser lens 12 (coinciding with 7 <sup>th</sup> surface)

r10 = 40.00000 AIR (coinciding with 6<sup>th</sup> surface)  
 r11\*= 99.98674 AIR half-transmitting surface (surface c,  
 coinciding with 5<sup>th</sup> surface)  
 r12 = ∞ AIR illuminated surface

[0047]

[Anamorphic aspherical coefficients of 2<sup>nd</sup> surface (r2) and 4<sup>th</sup> surface (r4)]

KY: 0.000000 KX: 0.000000 RDX:-341.84094  
 AR:-0.486850×10<sup>-5</sup> BR: 0.129060×10<sup>-8</sup> CR:-0.188200×10<sup>-9</sup> DR: 0.000000  
 AP:-0.421231 BP:-0.536746 CP:-0.473816 DP: 0.000000

[Anamorphic aspherical coefficients of 3<sup>rd</sup> surface]

KY: 23.379666 KX: 22.126557 RDX:-56.19072  
 AR: 0.172623×10<sup>-4</sup> BR:-0.269533×10<sup>-6</sup> CR: 0.490310×10<sup>-8</sup> DR:-0.271247×10<sup>-10</sup>  
 AP:-0.826965×10<sup>-1</sup> BP:-0.930294×10<sup>-2</sup> CP: 0.276424×10<sup>-2</sup> DP: 0.196499×10<sup>-1</sup>

[Anamorphic aspherical coefficients of 5<sup>th</sup> surface (r5) and 11<sup>th</sup> surface (r11)]

KY: 0.000000 KX: 0.000000 RDX:100.00000  
 AR:-0.172239×10<sup>-6</sup> BR: 0.327672×10<sup>-6</sup> CR: 0.108004×10<sup>-8</sup> DR: 0.000000  
 AP:-0.519816×10 BP: 0.253723×10<sup>-1</sup> CP:-0.101008×10 DP: 0.000000

[0048]

<Arrangement data of surfaces (reference: 1<sup>st</sup> surface)>

[Surface No.]	[XSC]	[YSC]	[ZSC]	[ASC]	[BSC]	[CSC]
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.00000	3.33988	10.00000	14.4914	0.0000	0.0000
3	0.00000	0.71726	16.78070	-15.3681	0.0000	0.0000
4	0.00000	3.33988	10.00000	14.4914	0.0000	0.0000
5	0.00000	13.17979	12.78405	84.7778	0.0000	0.0000
6	0.00000	17.89054	16.16554	44.2948	0.0000	0.0000

7	0.00000	19.63642	17.95493	44.2948	0.0000	0.0000
8	0.00000	20.63546	18.30949	51.7838	0.0000	0.0000
9	0.00000	19.63642	17.95493	44.2948	0.0000	0.0000
10	0.00000	17.89054	16.16554	44.2948	0.0000	0.0000
11	0.00000	13.17979	12.78405	84.7778	0.0000	0.0000
12	0.00000	21.14658	13.51219	119.7778	0.0000	0.0000

[0049] According to this embodiment, the 1<sup>st</sup>-7<sup>th</sup> surfaces constitute the observation optical system, and the 9<sup>th</sup>-12<sup>th</sup> surfaces constitute the illumination optical system.

[0050]

《Third embodiment》

[Rad. of Curvature] <i>RDY</i>	[Medium]	[Note]
r1 = $\infty$	AIR	pupil 10
r2* = 17.53188	Refract.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	prism's exit surface (surface a)
r3* = -141.62325	Refract.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	concave reflecting surface (surface b)
r4 = $\infty$	Refract.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	TIR surface
r5 = -40.00000	AIR	prism's entrance surface
r6 = 30.00000	Refract.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	condenser lens 12
r7 = -30.00000	AIR	
r8 = $\infty$	AIR	liquid crystal display surface
r9 = -30.00000	Refract.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	condenser lens 12 (coinciding with 7 <sup>th</sup> surface)
r10 = 30.00000	AIR	(coinciding with 6 <sup>th</sup> surface)
r11 = -40.00000	Refract.Idx.1.4914 Abbe's No. 57.82	(coinciding with 5 <sup>th</sup> surface)
r12 = 70.00000	Refract.Idx 1.4914 Abbe's No. 57.82	half-transmitting surface
r13 = $\infty$	AIR	illuminated surface



[0051]

[Rotatioanlly symmetric aspherical coefficients of 2<sup>nd</sup> surface (r2)]

K: 0.000000

A:  $0.749182 \times 10^{-4}$     B:  $-0.104949 \times 10^{-5}$     C:  $0.362648 \times 10^{-7}$     D:  $-0.563498 \times 10^{-9}$

E:  $0.295641 \times 10^{-11}$     F: 0.000000    G: 0.000000    H: 0.000000

[Anamorphic aspherical coefficients of 3<sup>rd</sup> surface (r3)]

KY: -0.995099    KX: 50.749178    RDX: -126.06681

AR:  $0.237363 \times 10^{-4}$     BR:  $-0.160488 \times 10^{-6}$     CR:  $0.648223 \times 10^{-8}$     DR:  $-0.558788 \times 10^{-10}$

AP: -0.154193    BP:  $-0.883619 \times 10^{-1}$     CP:  $0.615473 \times 10^{-1}$     DP:  $0.989218 \times 10^{-1}$

[0052]

<Arrangement data of surfaces (reference: 1<sup>st</sup> surface)>

[Surface No.]	[XSC]	[YSC]	[ZSC]	[ASC]	[BSC]	[CSC]
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.00000	0.00000	10.00000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.00000	-0.03948	19.00000	-13.1724	0.0000	0.0000
4	0.00000	1.23666	13.54734	25.0000	0.0000	0.0000
5	0.00000	17.55782	16.17149	74.4052	0.0000	0.0000
6	0.00000	17.99361	16.29312	74.4052	0.0000	0.0000
7	0.00000	20.40157	16.96521	74.4052	0.0000	0.0000
8	0.00000	20.72216	16.93059	71.3776	0.0000	0.0000
9	0.00000	20.40157	16.96521	74.4052	0.0000	0.0000
10	0.00000	17.99361	16.29312	74.4052	0.0000	0.0000
11	0.00000	17.55782	16.17149	74.4052	0.0000	0.0000
12	0.00000	12.26029	14.69291	34.4052	0.0000	0.0000
13	0.00000	17.34566	22.11847	-0.5948	0.0000	0.0000

[0053] According to this embodiment, the 1<sup>st</sup>-7<sup>th</sup> surfaces constitute the

observation optical system and the 9<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> surfaces constitute the illumination optical system.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-180787

(P2000-180787A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコート* (参考)
G 0 2 B 27/22		G 0 2 B 27/22	2 H 0 8 8
G 0 2 F 1/13	5 0 5	G 0 2 F 1/13	2 H 0 9 1
1/1335	5 2 0	1/1335	5 2 0

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-360881

(22) 出願日 平成10年12月18日 (1998.12.18)

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 小林 恭

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 大澤 聡

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(74) 代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫

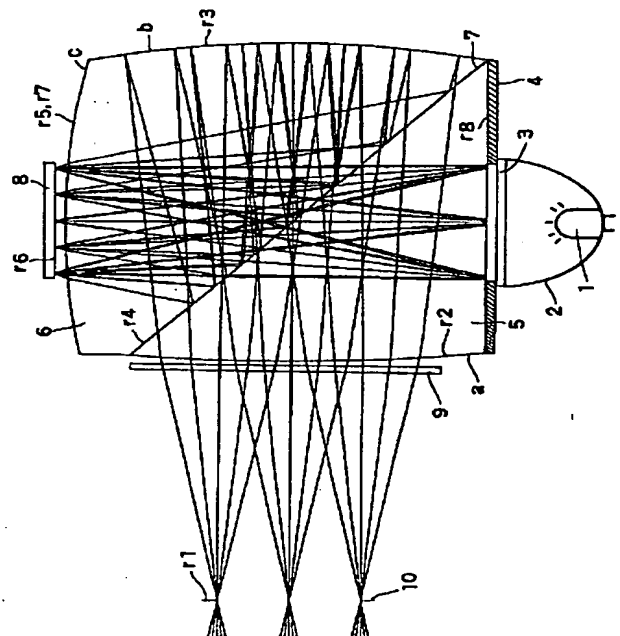
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射型表示素子を用いた映像表示装置

(57) 【要約】

【課題】 照明効率を低下させる事なく、表示素子全体を均一に照明し、視野周辺まで均一に明るい良好な観察状態を確保し、小型で高精細の、反射型表示素子を用いた映像表示装置を提供する。

【解決手段】 反射型液晶表示パネル8と、反射型液晶表示パネル8からの光束を瞳10に導く、プリズムブロック5のa面、及びプリズムブロック6のb面、c面より成る観察光学系と、反射型液晶表示パネル8を照明する照明光源1と、照明光源1からの照明光を反射型液晶表示パネル8を介して前記観察光学系に導く、プリズムブロック6のc面より成る照明光学系とを備え、その照明光学系は、瞳10と照明光源1とが略共役関係となるように構成されているものとする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 映像を形成する反射型表示素子と、該反射型表示素子からの光束を瞳に導く観察光学系と、前記反射型表示素子を照明する照明光源と、該照明光源からの照明光を前記反射型表示素子を介して前記観察光学系に導く照明光学系とを備え、該照明光学系は、前記瞳と前記照明光源とが略共役関係となるように構成されている事を特徴とする反射型表示素子を用いた映像表示装置。

【請求項 2】 前記照明光学系は、前記照明光源からの照明光束を制限する絞りを有する事を特徴とする請求項 1 に記載の反射型表示素子を用いた映像表示装置。

【請求項 3】 前記照明光学系の一部が前記観察光学系の一部と共用されている事を特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の反射型表示素子を用いた映像表示装置。

【請求項 4】 映像を形成する反射型表示素子と、該反射型表示素子からの光束を瞳に導く観察光学系と、該観察光学系を介して前記反射型表示素子を照明する照明光源とを有し、前記観察光学系と前記瞳との間にコンバイナを備え、該コンバイナに対して該瞳と略対称な位置に前記照明光源を配置した事を特徴とする反射型表示素子を用いた映像表示装置。

【請求項 5】 前記反射型表示素子は強誘電反射型液晶より成り、前記照明光源は RGB の 3 原色に対応する少なくとも 3 個以上の発光ダイオードで構成されており、前記反射型液晶表示素子を駆動する映像信号に同期して該発光ダイオードを順次発光させる事で、カラー映像を表示する事を特徴とする請求項 4 に記載の反射型表示素子を用いた映像表示装置。

【請求項 6】 前記瞳及び前記照明光源は、前記観察光学系の後側焦点位置近傍に配置されており、該観察光学系は前記反射型表示素子に対して、ほぼテレセントリック光学系となる事を特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の反射型表示素子を用いた映像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、反射型表示素子を用いて観察者の眼に映像を表示する映像表示装置に関するものであり、特に、小型で高精細な映像表示手段を必要とする、頭部搭載型映像表示装置、いわゆるヘッド・マウンテッド・ディスプレイに最適な技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、観察者の頭部に装着され、映像形成部材により生成される画像を観察光学系により虚像投影し、観察者の瞳に導く映像表示装置は、いわゆるヘッド・マウンテッド・ディスプレイ (Head Mounted Display, HMD) と呼ばれ、一般に知られている。その映像形成部材の一つである液晶には、表示側の反対側から照明する透過型液晶と、表示側から照明する反射型液

晶に大別される。

【0003】映像表示装置に広く用いられている透過型液晶表示パネルは、背面からの照明光を透過させるため、その基板としてガラス等の透過率の高い部材を用いる必要があり、半導体製造プロセス上の制約が大きいので、高密度の画素集積化が困難である。また、各画素を駆動する TFT 等の周辺回路部分には或程度の大きさが必要であり、これを同一の表示パネル上に配置しなければならないため、画素の集積度を上げようとすると、表示パネル全体に占める画素の面積、即ちいわゆる開口率が低下し、結果として照明効率及び映像品位の低下を招くという問題がある。

【0004】一方、反射型液晶表示パネルは、シリコン等の半導体を基板とし、小型で集積度の高いものを作成する事が可能であり、しかも、前記回路部分を表示側と反対側の面に配置する事が可能で、集積度を上げて開口率の低下が少ないので、反射効率も非常に高く、明るい画像が得られる。これは、画素の大きさが小さくなるほど顕著となるので、同じ画素数の場合は、明るさを低下させる事なく表示パネルの大きさを小さくする事が可能である。また、表示パネルの大きさが同じである場合は、画素数を増やす事が可能であり、これは高精細化につながる。また、偏光変換を行う液晶層の厚みを薄くする事が原理的に可能であり、これは表示切り替え速度の向上につながる。

【0005】このような多くのメリットを持つ反射型液晶表示パネルを HMD に用いれば、HMD に求められる明るく高精細な画像の達成に大きく寄与する事ができる。上記反射型液晶表示パネルを用いた映像表示装置の従来例として、図 9 に模式的に示す構成がある。これは、反射型液晶表示パネル 51 を映像表示素子とし、PBS (偏光ビームスプリッター) 52 によって、照明光源 53 からの照明光と反射型液晶表示パネル 51 で反射された観察光の分離を行い、観察光学系である接眼レンズ 54 により瞳 55 に導き、映像を拡大観察する構成である。

【0006】また、図 8 に模式的に示すように、反射型液晶表示パネル 51 の近傍に照明光源 53 を配置し、照明光源 53 の前面に拡散板 56 を置いて、光源からの照明光を拡散させて反射型液晶表示パネル 51 に照射し、ここで反射された観察光を接眼レンズ 54 により瞳 55 に導き、映像を拡大観察する構成がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、そもそも反射型液晶表示パネルを用いる場合には、パネルの表示側から照明光を照射する必要があり、映像観察の邪魔にならないように光源を配置し、なおかつ表示パネル全面を均一に照明するのは困難である。即ち、上記図 9 で示したような構成では、光学的なパワーを有する照明光学系を持っておらず、照明光と観察光の分離を行ってい

るだけなので、照明面 53a と瞳 55 が共役関係になく、大きな照明面が必要となる。この状態で照明光源 53 の大きさを小さくした場合、視野周辺の光束がけられるので、周辺が暗い視野となってしまう。

【0008】また、上記図 8 に示したような構成では、表示パネル上の照明の均一性を上げるために、光源の前面に拡散板を置いて、光源からの照明光を十分に拡散させなければならず、結果として照明効率の低下を招いている。本発明は、これらの問題点に鑑み、照明効率を低下させる事なく、表示素子全体を均一に照明し、視野周辺まで均一に明るい良好な観察状態を確保し、小型で高精細の、反射型表示素子を用いた映像表示装置を提供する事を目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、映像を形成する反射型表示素子と、その反射型表示素子からの光束を瞳に導く観察光学系と、前記反射型表示素子を照明する照明光源と、その照明光源からの照明光を前記反射型表示素子を介して前記観察光学系に導く照明光学系とを備え、その照明光学系は、前記瞳と前記照明光源とが略共役関係となるように構成されているものとする。

【0010】また、前記照明光学系は、前記照明光源からの照明光束を制限する絞りをも有する構成とする。さらに、前記照明光学系の一部が前記観察光学系の一部と共用されている構成とする。

【0011】また、別の構成として、映像を形成する反射型表示素子と、その反射型表示素子からの光束を瞳に導く観察光学系と、その観察光学系を介して前記反射型表示素子を照明する照明光源とを有し、前記観察光学系と前記瞳との間にコンバイナを備え、そのコンバイナに対してその瞳と略対称な位置に前記照明光源を配置した構成とする。

【0012】また、前記反射型表示素子は強誘電反射型液晶より成り、前記照明光源は RGB の 3 原色に対応する少なくとも 3 個以上の発光ダイオードで構成されており、前記反射型液晶表示素子を駆動する映像信号に同期してその発光ダイオードを順次発光させる事で、カラー映像を表示する構成とする。

【0013】さらに、前記瞳及び前記照明光源は、前記観察光学系の後側焦点位置近傍に配置されており、その観察光学系は前記反射型表示素子に対して、ほぼテレセントリック光学系となる構成とする。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。図 1～図 7 は、それぞれ第 1～第 7 の実施形態の光学系の構成を模式的に示している。

【0015】図 1 において、1 は照明光源、2 はその周りを取り囲んで上方に開口するリフレクター、3 はその

上端に設けられた偏光板、4 はその上面に設けられた絞りである。絞り 4 は、その上方のプリズムブロック 5 の下面に設けられている。プリズムブロック 5 は、その上方のプリズムブロック 6 と接合され、その接合部は左上から右下にかけて斜面を成し、半透過面 7 を形成する。プリズムブロック 6 の上側には反射型液晶表示パネル 8 が配設され、またプリズムブロック 5 の左側には偏光板 9 が配設されている。そして、偏光板 9 の更に左方には、瞳 10 が配置されている。

【0016】同図の照明光源 1 から射出した光束及びリフレクター 2 により反射された光束は、上方の偏光板 3、絞り 4、プリズムブロック 5 を経て半透過面 7 を透過し、プリズムブロック 6 を経て反射型液晶表示パネル 8 に入射する。ここで画像として変調された光束は、再び照明光源 1 側へと下方に反射され、半透過面 7 に入射して右方へと反射される。反射された光束は、観察光学系を構成する凹反射面である b 面に入射し、再び半透過面 7 を透過し、偏光板 9 を経て瞳 10 に導かれる。

【0017】本実施形態では、観察光学系と照明光学系は、これらの間を半透過面 7 とした 2 つのプリズムブロック 5、6 で構成される。即ち、観察光学系は、図中の a 面、b 面、c 面により構成されており、照明光学系は c 面により構成されている。反射型液晶表示パネル 8 を照明する光束と、反射型液晶表示パネル 8 により反射された光束の分離は、半透過面 7 により行われている。本実施形態では、照明光学系（c 面）により瞳 10 と照明光源 1 を略共役にするように設定されている。これにより、照明光源 1 の大きさを小さくすることができる。尚、これら a、b、c の面記号は、後述のコンストラクションデータにおける面番号とは別に設定されている。これは、以下の実施形態についても同様である。

【0018】また、本実施形態のように、瞳 10 と略共役な場所に余分な光束をカットする絞り 4 を配置する事により、瞳 10 の大きさが制限され、設計的に良好な観察状態が確保される光束のみを瞳 10 に導く事ができる。また、本実施形態では、照明光源 1 と半透過面 7 との間に偏光板 3 が配設され、また半透過面 7 と瞳 10 との間に偏光板 9 が配設されている。これは、照明光源 1 から射出した光束が半透過面 7 を透過せずに、ここで瞳 10 側に反射されて生じるゴースト光のカットを行うものである。

【0019】例えば、偏光板 3 は或方向の偏光のみを透過させ、偏光板 9 は偏光板 3 で透過する偏光と 90 度偏光方向が回転した偏光が透過するように配置しておけば、上記ゴースト光は偏光板 9 によりカットされ、瞳 10 に入射する事はない。反射型液晶表示パネル 8 により変調された光束は、偏光方向が 90 度回転されるので、観察光学系を通過した後に偏光板 9 を透過し、瞳 10 に到達する事ができる。

【0020】図 2 は、第 2 の実施形態として、観察光学

系を非軸光学系とした形態に本発明を適用した例である。同図において、1は照明光源、2はその周りを取り囲んで右斜め下方に開口するリフレクター、更にその右斜め下方に配設される11は観察光学系を成すプリズムブロックである。プリズムブロック11の上面は、半透過面であるc面が形成されており、その右斜め上方にはコンデンサーレンズ12及び反射型液晶表示パネル8が配設されている。またプリズムブロック11の下部左方には瞳10が配置されている。

【0021】同図の照明光源1から射出した光束及びリフレクター2により反射された光束は、プリズムブロック11のc面により反射され、コンデンサーレンズ12を経て反射型液晶表示パネル8に入射する。ここで画像として変調された光束は、再びプリズムブロック11側へと左斜め下方に反射され、コンデンサーレンズ12を経てc面よりプリズムブロック11に入射する。入射した光束は、プリズムブロック11左部のa面で全反射され、右部のb面に到達する。b面は凹反射面であり、到達した光束は、ここで入射時とは違う角度で反射され、再びa面を経て瞳10に導かれる。ここで、a面とb面の配置関係は、a面が全反射による反射と透過を行うための選択反射面となるように設定されている。

【0022】本実施形態においては、観察光学系であるプリズムブロック11の半透過面であるc面を反射面として用い、これとコンデンサーレンズ12とで照明光学系を形成し、瞳10と照明光源1が略共役になるように設定している。これにより、照明光源1の大きさを小さくすることができる。このc面は、透過面としては観察光学系で収差補正に寄与し、反射面としては照明光源の大きさを小さくする照明光学系の一部として寄与している。このように、観察光学系の一部と照明光学系の一部を共用する事により、効率的にコンパクト化を図る事が可能となる。

【0023】図3は、第3の実施形態として、第2の実施形態で示した選択反射面(a面)をTIR面として別に設け、観察光学系の射出面をあらためてa面として独立させた例である。同図において、1は照明光源、2はその周りを取り囲んで左方に開口するリフレクター、4はその左面に設けられた絞りである。絞り4は、その左方のプリズムブロック5の右面に設けられている。プリズムブロック5は、その下方のプリズムブロック6と接合され、その接合部は左上から右下にかけて斜面を成し、半透過面7を形成する。

【0024】プリズムブロック5の上側にはコンデンサーレンズ12及び反射型液晶表示パネル8が配設されている。また、プリズムブロック6は、その左方のプリズムブロック13と接合され、その接合部は左上から右下にかけて斜面を成し、TIR面を形成する。そして、プリズムブロック13の更に左方には、瞳10が配置されている。

【0025】同図の照明光源1から射出した光束及びリフレクター2により反射された光束は、左方の絞り4、プリズムブロック5を経て半透過面7で上方へと反射され、コンデンサーレンズ12を経て反射型液晶表示パネル8に入射する。ここで画像として変調された光束は、再びプリズムブロック5側へと下方に反射され、コンデンサーレンズ12、プリズムブロック5を経て半透過面7を透過する。透過した光束は、プリズムブロック6左下部のTIR面で全反射され、右部のb面に到達する。b面は凹反射面であり、到達した光束は、ここで入射時とは違う角度で反射され、再びTIR面を経てプリズムブロック13を透過し、左部のa面を経て瞳10に導かれる。

【0026】本実施形態においては、照明光学系はコンデンサーレンズ12及び半透過面7により構成され、これにより照明光源1と瞳10とが略共役関係におかれ、照明光源1の小型化が図られる。また、略共役面に絞りを置き、設計的な瞳径に制限している事は、第1、第2の実施形態と同様である。

【0027】図4に、第4の実施形態として、本発明の他の構成例を示す。本実施形態は、俗にパンケーキタイプと呼ばれる観察光学系に本発明を適用したものである。同図において、照明光源1から上方へ射出した光束は、ハーフミラー或いはPBS等より成る半透過面7で左方へと反射され、コンデンサーレンズ12を経て反射型液晶表示パネル8に入射する。ここで画像として変調された光束は、再び半透過面7側へと右方に反射され、コンデンサーレンズ12を経て半透過面7を透過する。

【0028】透過した光束は、観察光学系を成すプリズムブロック14の瞳側(後述の瞳10側)選択反射面であるa面で再び液晶側(反射型液晶表示パネル8側)へと左方に反射され、プリズムブロック14の液晶側選択反射面であるb面で再び瞳側へと右方に反射され、瞳10に導かれる。これらの選択反射面の材質としては、コレステリック液晶層等が用いられる。照明光学系は、コンデンサーレンズ12、半透過面7により構成される。これにより照明光源1と瞳10とが略共役関係におかれ、照明光源1の小型化が図られる。

【0029】また、以下に示す実施形態においては、いわゆるケーラー照明が用いられている。光学顕微鏡等の他の光学機器において、ケーラー照明は広く用いられている。これは、照明光学系によって、光源の像を被観察物にではなく対物レンズの入射瞳位置に結像させるというものであり、被観察物を均一に効率良く照明する方式として有効である。

【0030】以下の実施形態は、このケーラー照明を反射型表示素子を用いた映像表示装置に応用したものであって、観察光学系と観察者の瞳との間に配置されたコンバイナに対し、その瞳と略対称な位置に光源を配置し、映像表示のための観察光学系を照明光学系としても利用

する事によって、光源の像を観察者の瞳上に結像させる。このとき、観察光学系は、反射型表示素子に対して、ほぼテレセントリック光学系となる。

【0031】図5は、第5の実施形態として、上記ケーラー照明を用いた光学系の構成例を示したものである。同図において、発光ダイオードより成る照明光源1は、ハーフミラー15に対して、観察者の瞳10と略対称の位置に配置されている。この位置は、接眼レンズ16の後側焦点位置近傍にある。照明光源1から射出された光束は、矢印で示すように、ハーフミラー15により反射され、接眼レンズ16を介して反射型液晶表示パネル8に均一に照射される。反射型表示パネル8により反射された光束は、再び接眼レンズ16によって導かれ、ハーフミラー15を透過して瞳10に到達する。このとき、照明光源1の像は、瞳10位置近傍に結像しており、ケーラー照明が実現されている。

【0032】本実施形態において、反射型液晶表示パネル8に高周波での駆動が容易な強誘電反射型液晶を用い、照明光源1にRGBの3原色に対応する少なくとも3個以上の発光ダイオードを用いて、反射型液晶表示パネル8に同期して、それらを時分割で順次発光させる事で、観察者にカラー映像を表示する事も可能である。勿論、カラーフィルターを具備する反射型カラー液晶パネルを用いる場合は、照明光源は白色の発光ダイオードや、白色蛍光灯その他を用いれば良い事は言うまでもない。

【0033】尚、本実施形態では、コンバイナとしてハーフミラー15を用いているが、PBS（偏光ビームスプリッター）等の他のコンバイナを利用しても良い。また、視野角に対して、照明光源1から射出する光の指向性が強すぎる場合や、瞳10に対して照明光源1の大きさが十分でない場合等に、照明光束を僅かに拡散させる程度の拡散板を照明光源1とコンバイナとの間に配置する事は、本発明の原理の応用から外れるものではない事は自明である。

【0034】図6は、第6の実施形態として、上記ケーラー照明を用いた光学系の他の構成例を示したものである。本実施形態は、観察光学系として、凹面鏡を用いたものである。同図において、発光ダイオードより成る照明光源1は、ハーフミラー15に対して、観察者の瞳10と略対称の位置に配置されている。この位置は、凹面鏡18の焦点位置近傍にある。

【0035】照明光源1から射出された光束は、矢印で示すように、ハーフミラー15により反射され、更にハーフミラー17に反射されて、凹面鏡18を介してハーフミラー17を透過した後、反射型液晶表示パネル8に均一に照射される。反射型表示パネル8により反射された光束は、再びハーフミラー17を透過して凹面鏡18によって導かれ、ハーフミラー17に反射された後にハーフミラー15を透過して瞳10に到達する。このと

き、照明光源1の像は、瞳10位置近傍に結像しており、ケーラー照明が実現されている。

【0036】図7は、第7の実施形態として、上記ケーラー照明を用いた光学系の他の構成例を示したものである。本実施形態は、観察光学系として、自由曲面プリズムを用いたものである。同図において、発光ダイオードより成る照明光源1は、ハーフミラー15に対して、観察者の瞳10と略対称の位置に配置されている。この位置は、自由曲面プリズム19の焦点位置近傍にある。

【0037】照明光源1から射出された光束は、矢印で示すように、ハーフミラー15により反射され、自由曲面プリズム19を介して反射型液晶表示パネル8に均一に照射される。反射型表示パネル8により反射された光束は、再び自由曲面プリズム19によって導かれ、ハーフミラー15を透過して瞳10に到達する。このとき、照明光源1の像は、瞳10位置近傍に結像しており、ケーラー照明が実現されている。

【0038】以下、本発明に係る映像表示装置の構成を、コンストラクションデータを挙げて、更に具体的に示す。尚、以下に挙げる実施例1~3は、前述した第1~第3の実施形態にそれぞれ対応している。各実施例において、 $ri$  ( $i=1,2,3,\dots$ )は、瞳側から数えて $i$ 番目の面の曲率半径を示す。尚、各実施例中、曲率半径に\*印を付した面は、回転対称非球面或いはアナモルフィック非球面で構成された面であることを示し、各非球面の面形状を表す式は、以下に定義する。

【0039】〈回転対称非球面を表す式〉

$$Z = c h^2 / [1 + \sqrt{1 - (1 + K) c^2 h^2}] + A h^4 + B h^6 + C h^8 + D h^{10} + E h^{12} + F h^{14} + G h^{16} + H h^{18} + J h^{20}$$

但し、

Z: Z軸に平行な面のサグ

c: 面の頂点での曲率 (C U Y)

K: 円錐係数

35 A, B, C, D, E, F, G, H, J: それぞれ4次、6次、8次、10次、12次、14次、16次、18次、20次の変形係数

$$h^2 = X^2 + Y^2$$

である。

40 【0040】〈アナモルフィック非球面を表す式〉

$$Z = (CUX \cdot X^2 + CUY \cdot Y^2) / [1 + \sqrt{1 - (1 + KX) CUX^2 \cdot X^2 - (1 + KY) CUY^2 \cdot Y^2}] + AR \{ (1 - AP) X^2 + (1 + AP) Y^2 \}^2 + BR \{ (1 - BP) X^2 + (1 + BP) Y^2 \}^3 + CR \{ (1 - CP) X^2 + (1 + CP) Y^2 \}^4 + DR \{ (1 - DP) X^2 + (1 + DP) Y^2 \}^5$$

【0041】但し、

Z: Z軸に平行な面のサグ

CUX, CUY: それぞれXとYの曲率

50 KX, KY: それぞれXとYの円錐係数

AR, BR, CR, DR:円錐からのそれぞれ4次、6次、8次、10次の変形係数の回転対称成分  
AP, BP, CP, DP:円錐からのそれぞれ4次、6次、8次、10次の変形係数の非回転対称成分

である。ここで、CUX, CUYの逆数は、それぞれXとYの曲率半径であり、それぞれRDX, RDYで表し、各実施例にデータ表示されている。

【0042】

《実施例1》

[曲率半径RDY] [媒質]

r1 = ∞	AIR	[備考]
r2* = 80.87347	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	瞳 10
r3* = -41.75305	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	プリズム射出面 (a面)
r4 = ∞	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	凹反射面 (b面)
r5 = -35.00000	AIR	半透過面 7
r6 = ∞	AIR	プリズム入射面 (c面)
r7 = -35.00000	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	液晶表示面
r8 = ∞		コンデンサー面 (c面, 第5面と同一面)
		照明面

【0043】

[第2面(r2)の回転対称非球面係数]

K: 0.000000

A: 0.388162×10<sup>-5</sup> B: 0.152030×10<sup>-6</sup> C: -0.252251×10<sup>-8</sup> D: 0.000000

[第3面(r3)の回転対称非球面係数]

K: 0.000000

A: 0.435175×10<sup>-6</sup> B: 0.112877×10<sup>-7</sup> C: -0.402269×10<sup>-10</sup> D: 0.000000

【0044】

<各面の配置データ (第1面基準)>

[面番号]	[XSC]	[YSC]	[ZSC]	[ASC]	[BSC]	[CSC]
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.00000	0.00000	12.00000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.00000	0.00000	28.00000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.00000	0.00000	19.00000	45.0000	0.0000	0.0000
5	0.00000	9.50000	19.00000	90.0000	0.0000	0.0000
6	0.00000	9.92814	19.00000	90.0000	0.0000	0.0000
7	0.00000	9.50000	19.00000	90.0000	0.0000	0.0000
8	0.00000	-8.50000	19.00000	90.0000	0.0000	0.0000

【0045】尚、各面の配置データに関して、物体側から像側(+Z方向)を見たとき、Y軸は上方向に+, X軸は左方向に+であり、第1面を基準とした各々の面について、X, Y, Zはその位置を表し、A, B, Cは傾きを表す。これは以下の実施例においても同様である。

また、本実施例では、第1面～第5面により観察光学系が構成され、第7面、第8面により照明光学系が構成されている。

【0046】

《実施例2》

[曲率半径RDY] [媒質]

r1 = ∞	AIR	[備考]
r2* = 11056.40405	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	瞳 10
r3* = -66.18426	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	プリズム射出面 (a面)
r4* = 11056.40405	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	凹反射面 (b面)
r5* = 99.98674	AIR	全反射面 (a面, 第2面と同一面)
r6 = 40.00000	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	プリズム入射面 (c面)
r7 = -40.00000	AIR	コンデンサーレンズ 1 2
r8 = ∞	AIR	液晶表示面
r9 = -40.00000	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	コンデンサーレンズ 1 2



$r_{10} = 40.00000$  AIR (第7面と同一面)  
 $r_{11} = 99.98674$  AIR (第6面と同一面)  
半透過面 (c面, 第5面  
と同一面)  
 $r_{12} = \infty$  AIR 照明面

【0047】

〔第2面(r2)及び第4面(r4)のアナモルフィック非球面係数〕

KY: 0.000000 KX: 0.000000 RDX: -341.84094  
AR:  $-0.486850 \times 10^{-5}$  BR:  $0.129060 \times 10^{-8}$  CR:  $-0.188200 \times 10^{-9}$  DR: 0.000000  
AP: -0.421231 BP: -0.536746 CP: -0.473816 DP: 0.000000

〔第3面(r3)のアナモルフィック非球面係数〕

KY: 23.379666 KX: 22.126557 RDX: -56.19072  
AR:  $0.172623 \times 10^{-4}$  BR:  $-0.269533 \times 10^{-6}$  CR:  $0.490310 \times 10^{-8}$  DR:  $-0.271247 \times 10^{-10}$   
AP:  $-0.826965 \times 10^{-1}$  BP:  $-0.930294 \times 10^{-2}$  CP:  $0.276424 \times 10^{-2}$  DP:  $0.196499 \times 10^{-1}$

〔第5面(r5)及び第11面(r11)のアナモルフィック非球面係数〕

KY: 0.000000 KX: 0.000000 RDX: 100.00000  
AR:  $-0.172239 \times 10^{-6}$  BR:  $0.327672 \times 10^{-6}$  CR:  $0.108004 \times 10^{-8}$  DR: 0.000000  
AP:  $-0.519816 \times 10^{-1}$  BP:  $0.253723 \times 10^{-1}$  CP:  $-0.101008 \times 10^{-1}$  DP: 0.000000

【0048】

〈各面の配置データ (第1面基準)〉

[面番号]	[XSC]	[YSC]	[ZSC]	[ASC]	[BSC]	[CSC]
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.00000	3.33988	10.00000	14.4914	0.0000	0.0000
3	0.00000	0.71726	16.78070	-15.3681	0.0000	0.0000
4	0.00000	3.33988	10.00000	14.4914	0.0000	0.0000
5	0.00000	13.17979	12.78405	84.7778	0.0000	0.0000
6	0.00000	17.89054	16.16554	44.2948	0.0000	0.0000
7	0.00000	19.63642	17.95493	44.2948	0.0000	0.0000
8	0.00000	20.63546	18.30949	51.7838	0.0000	0.0000
9	0.00000	19.63642	17.95493	44.2948	0.0000	0.0000
10	0.00000	17.89054	16.16554	44.2948	0.0000	0.0000
11	0.00000	13.17979	12.78405	84.7778	0.0000	0.0000
12	0.00000	21.14658	13.51219	119.7778	0.0000	0.0000

【0049】尚、本実施例では、第1面～第7面により 光学系が構成されている。  
観察光学系が構成され、第9面～第12面により照明光 35 【0050】

《実施例3》

[曲率半径R <sub>DY</sub> ]	[媒質]	[備考]
$r_1 = \infty$	AIR	瞳10
$r_2 = 17.53188$	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	プリズム射出面 (a面)
$r_3 = -141.62325$	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	凹反射面 (b面)
$r_4 = \infty$	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	TIR面
$r_5 = -40.00000$	AIR	プリズム入射面
$r_6 = 30.00000$	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	コンデンサーレンズ12
$r_7 = -30.00000$	AIR	
$r_8 = \infty$	AIR	液晶表示面
$r_9 = -30.00000$	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	コンデンサーレンズ12 (第7面と同一面)
$r_{10} = 30.00000$	AIR	(第6面と同一面)
$r_{11} = -40.00000$	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	(第5面と同一面)
$r_{12} = 70.00000$	屈折率 1.4914 アッベ数 57.82	半透過面

r13 = ∞

AIR

照明面

【0051】

〔第2面(r2)の回転対称非球面係数〕

K: 0.000000

A:0.749182×10<sup>-4</sup> B:-0.104949×10<sup>-5</sup> C:0.362648×10<sup>-7</sup> D:-0.563498×10<sup>-9</sup>

E:0.295641×10<sup>-11</sup> F:0.000000 G:0.000000 H:0.000000

〔第3面(r3)のアナモルフィック非球面係数〕

KY:-0.995099 KX:50.749178 RDX:-126.06681

AR:0.237363×10<sup>-4</sup> BR:-0.160488×10<sup>-6</sup> CR:0.648223×10<sup>-8</sup> DR:-0.558788×10<sup>-10</sup>

AP:-0.154193 BP:-0.883619×10<sup>-1</sup> CP:0.615473×10<sup>-1</sup> DP:0.989218×10<sup>-1</sup>

【0052】

〈各面の配置データ(第1面基準)〉

〔面番号〕	〔XSC〕	〔YSC〕	〔ZSC〕	〔ASC〕	〔BSC〕	〔CSC〕
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.00000	0.00000	10.00000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.00000	-0.03948	19.00000	-13.1724	0.0000	0.0000
4	0.00000	1.23666	13.54734	25.0000	0.0000	0.0000
5	0.00000	17.55782	16.17149	74.4052	0.0000	0.0000
6	0.00000	17.99361	16.29312	74.4052	0.0000	0.0000
7	0.00000	20.40157	16.96521	74.4052	0.0000	0.0000
8	0.00000	20.72216	16.93059	71.3776	0.0000	0.0000
9	0.00000	20.40157	16.96521	74.4052	0.0000	0.0000
10	0.00000	17.99361	16.29312	74.4052	0.0000	0.0000
11	0.00000	17.55782	16.17149	74.4052	0.0000	0.0000
12	0.00000	12.26029	14.69291	34.4052	0.0000	0.0000
13	0.00000	17.34566	22.11847	-0.5948	0.0000	0.0000

【0053】尚、本実施例では、第1面～第7面により観察光学系が構成され、第9面～第13面により照明光学系が構成されている。

【0054】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、照明効率を低下させる事なく、表示素子全体を均一に照明し、視野周辺まで均一に明るい良好な観察状態を確保し、小型で高精細の、反射型表示素子を用いた映像表示装置を提供する事ができる。

【0055】特に、請求項2によるならば、観察者の瞳が設計エリアに制限され、良好な観察状態が確保される。

【0056】また、請求項3によるならば、更なる小型化が達成される。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態の光学系の構成を模式的に示す図。

【図2】第2の実施形態の光学系の構成を模式的に示す図。

【図3】第3の実施形態の光学系の構成を模式的に示す図。

【図4】第4の実施形態の光学系の構成を模式的に示す図。

【図5】第5の実施形態の光学系の構成を模式的に示す

図。

【図6】第6の実施形態の光学系の構成を模式的に示す図。

30 【図7】第7の実施形態の光学系の構成を模式的に示す図。

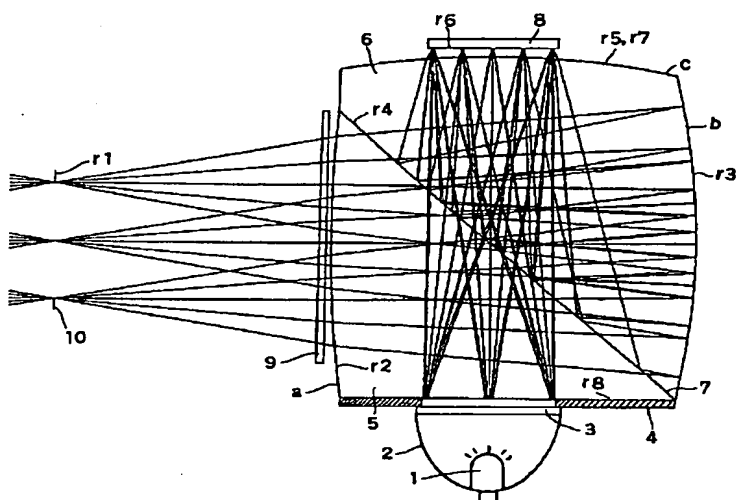
【図8】反射型液晶表示パネルを用いた映像表示装置の従来例を示す図。

【図9】反射型液晶表示パネルを用いた映像表示装置の従来例を示す図。

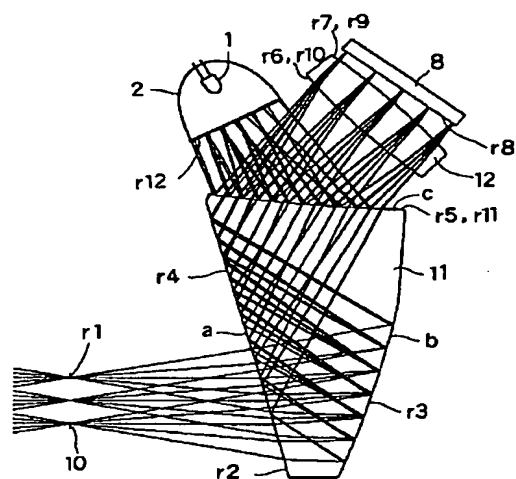
【符号の説明】

- 1 照明光源
- 2 リフレクター
- 3 偏光板
- 40 4 絞り
- 5, 6, 11, 13, 14 プリズムブロック
- 7 半透過面
- 8 反射型液晶表示パネル
- 9 偏光板
- 45 10 瞳
- 12 コンデンサーレンズ
- 15, 17 ハーフミラー
- 16 接眼レンズ
- 18 凹面鏡
- 50 19 自由曲面プリズム

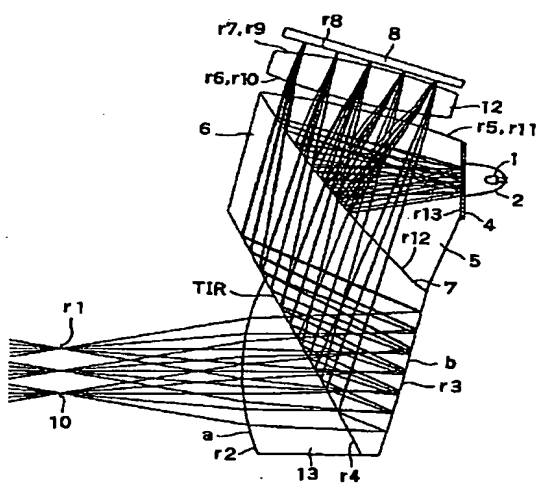
【図1】



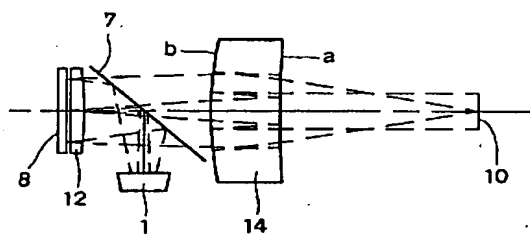
【図2】



【図3】



【図4】

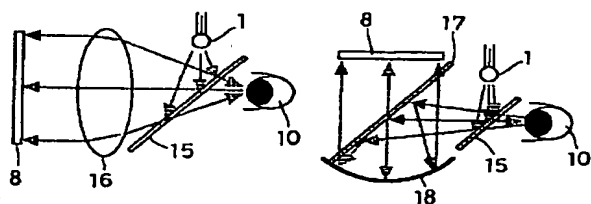
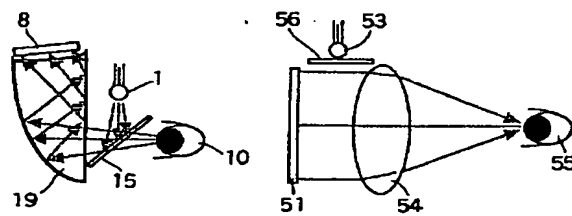


【図7】

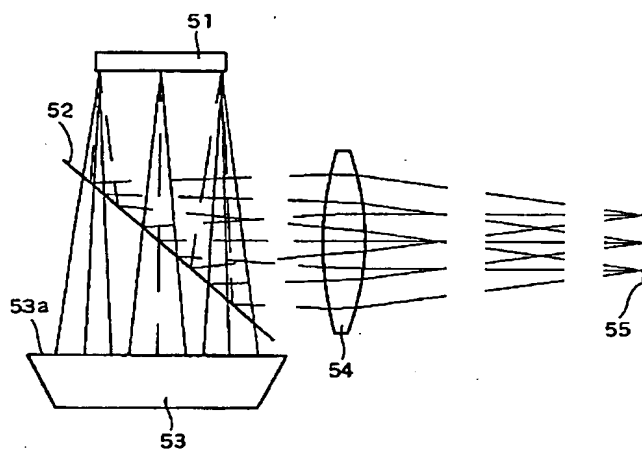
【図8】

【図5】

【図6】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 笠井 一郎

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪  
国際ビル ミノルタ株式会社内

25

Fターム(参考) 2H088 HA10 HA18 HA21 HA22 HA23  
HA24 HA28 JA17 MA04  
2H091 FA08X FA14Z FA21X FA26X  
FA41Z FA45Z FD01 HA12  
LA18